

Devlet kuran böcekler hayranlık verici inceleme konularıdır; insan onlarla uğraştıkça yeni yeni sürprizler karşısında kalır. Eskiden karıncaların birbirleriyle koku ve dokunma sinyalleriyle anlaştıkları sanılırdı, şimdi bazı belirli durumlarda onların da oldukça büyük bir yaygara kopardıkları bilinmektedir.

# YAPRAK KESEN KARINCALARIN SINYALLERİ

HUBERT MARKL

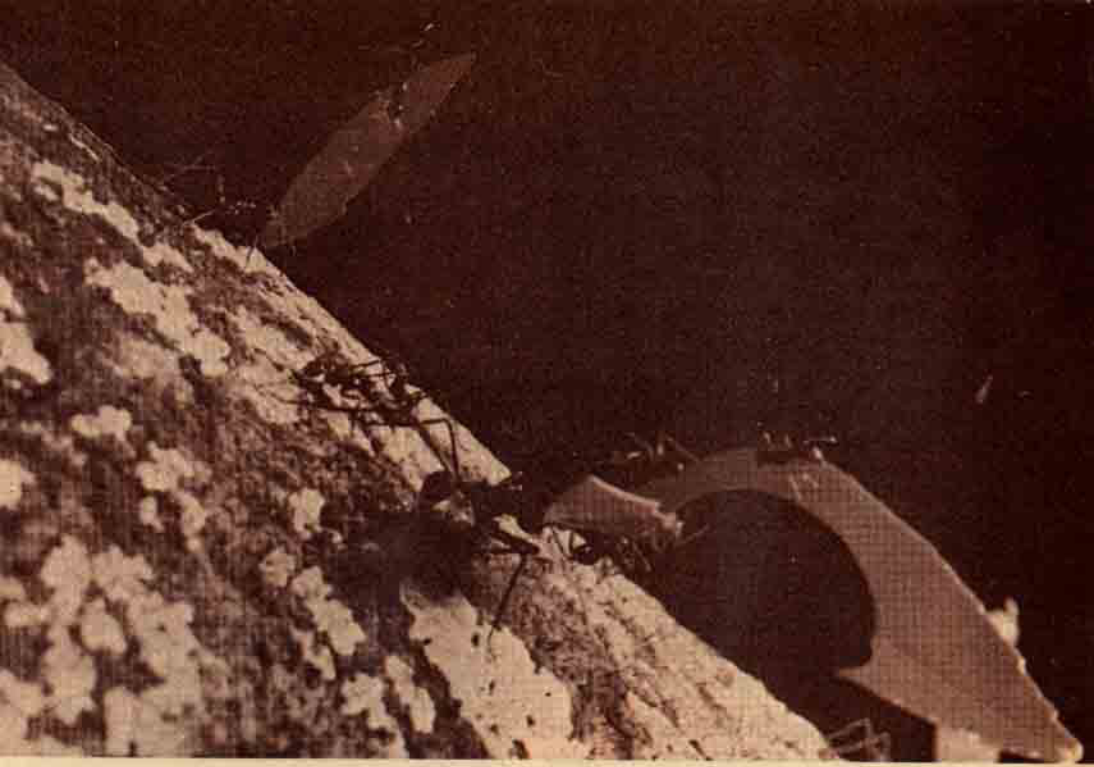
**E**n değişik hayat şartlarına uymaları ve ta Arktis'ten tropikal bölgelere, bol yağmurlu ormanların ağaçlarının tepelerinden çölün kumsallarına kadar karaların her tarafında koloniler kuran türleriyle karıncaların öteki hayvanlar arasında hiç benzerleri yoktur. Değişik çevrelere kendilerini uydurabilmeleri bakımından insanla rekabet eden karıncalar, onun gibi bir toplum hayatı yaşarlar. Sosyal yaşamının esaslarını bulmamış ve onlara göre yaşamayan hiçbir karınca türü yoktur. Bilginler onların bu koloni halinde yaşamalarını büyük bir hayranlıkla bir «Devlet»e benzetirler. Modern zooloji bile karıncaların bu kendilerine özgü yaşayış tarzlarını bütün ayrıntılarıyla meydana çıkarmayı başaramamıştır.

Karıncaların gelişim tarihlerinin seyri sırasında bu sosyal yaşayış şeklini nasıl oluşturduklarını hâlâ bilememekteyiz. Binlerce mini mini canlı varlığın, toplumun yaşayabilmesi ve çoğalması için gerekli olan herşeyi tam zamanında, tam yerinde ve tam ölçüde sağlayabilecek böyle hayret verici bir organizasyonu nasıl meydana getirdikleri pek aklın alacağı birşey değildir.

Yüksek derecede gelişmemiş bir haberleşme sistemiyle bu ne karıncaların toplum hayatında ne de insanlarınkinden mümkün olacak birşey değildir. Son on yıl içinde zooloji uzmanları karıncaların kelimeleri değişik çeşitli moleküllerden meydana gelen bir dil kullandıkları hakkında gittikçe daha fazla delil toplayabilmişlerdir. Bu moleküller karıncanın bütün vücuduna yayılmış bezler tarafından üretilmektedir ve bunların kokusu sinyali alacak olana, tehdit etmekte olan bir tehlikeyi, aranan yem veya seks böceklerinin yerini haber vermektedir. Bu bulununca daha başka

anlaşma olanakları aramağa lüzum görülmemişti. Acaba insanların alışık oldukları gibi karıncalar da birbirlerine birşey söyleyemez miydiler? Onların ses üretme yetenekleri yok muydu? Aslına bakılırsa bütün karınca türlerinin yarısının —ki bu dünyanın genellikle sıcak bölgelerinde yaşayan binlerce tür demektir— gövdelerinin ard kaslarında, bilginlerin 100 yıl kadar önce buldukları, bir organ vardır ki, bu ses üretimi sağlar.

Karıncaların «ataları» göğüs ile gövdenin ardi arasındaki boğum yerini, gövdenin ardındaki delme iğnesiyle daha iyi nişan alacak şekilde, zamanla daraltmışlardır. Bu iğneyi içi zehir dolu bir savaş aracı halinde geliştiren karıncalar gövdelerinin ard kısımlarının bir veya iki ön halkasını mini mini kas sapçıkları halinde bir araya bağlamışlardır, böylece çeneleriyle yakaladıkları düşmanlarına kendi bacakları arasından büyük bir emniyetle zehirli iğnelerini batırmakta hiçbir güçlük çekmiyorlardı. Sapçıkla gövdelerinin ardi arasındaki bu hareketlilik ses organının çalışabilme olanagını sağlıyordu: Ard kısım yukarıya doğru kaldırılınca sapçık iskeletinin keskin arka kenarı ön taraftaki paralel kaburgaların alanına sürünür. Bu şekilde ses çkanan bir metoda Stridulation adı verilir. (Böceklerin, örneğin ağustos böceğinde, vücudunun sert kısımlarını birbiri üzerine sürterek keskin bir ses çıkarması). Bu kadarı çoktan biliniyordu. Fakat karıncaların ne zaman bundan faydalandıkları ve bunu ne için yaptıkları yakın zamana kadar bir sırды. Tropikal bölgelerde yaşayan yaprak kesen karıncaların incelenmesi bu hususta aydınlatıcı bilgilerin meydana çıkmasına yardım etti. Bu tür karıncalar gerçekten hayal güçleri kuvvetli olan bütün bu çeşit küçük canlı var-



lıkların arasında bile, yaptıkları işler bakımından biricik sayılabilirler.

«New York Zoological Society»nin bir davetlisi olarak Trinidad adalarındaki William Beebe Tropikal Araştırma İstasyonunda bu tür karıncaların davranışlarını, aynı zamanda modern biyofiziksel metodları, ilkel gözlemlerle incelemek imkânını buldum. Bu hayvancıkların ses komünikasyonlarını meydana çıkarmak için gerekli aygıtların miktarı oldukça fazlaydı. Balta girmemiş ormanların içerisinde modern teknik aygıtların bulunmadığı bir araştırma istasyonunda buna imkân yoktu. Meselenin esasını aydınlatılabilmek için yaprak kesen karıncaların yaşayış tarzları hakkında bir parça bilgi vermek faydalı olacaktır :

Bu türün başlıca temsilcileri Atta ve Acromyrmex'tir. Bunlara yalnız Amerika'nın tropikal ve subtropikal bölgelerinde rastlanır. En yüksek derecede gelişmiş şekilleri, bizim hayvanlar arasında bildiğimiz en geniş sosyal birlikler halinde yaşarlar. Başka devlet kuran böceklerde olduğu Erkekler, dolu dişiler (kraliçeler), işçi dişiler. Kanatlı seks hayvancıkları düğün uçuşuna havalanırlar; genellikle havada yapılan çiftleşmeden sonra dişilerin kanatları düşer. Erkeğin bundan biraz sonra

Yaprak kesen karıncaların gece geçit resmi. Sonu gelmeyen bir sırayla büyük işçiler turuncgillerden bir ağacın yapraklarından kestikleri parçaları ilk önce ağacın gövdesinden aşağıya ve oradan da yuvalarına taşıyorlar. Yuvada bunlar mantarların yetiştirilmesi için bitek bir zemin olacaktır. Bu yorulmaz karıncaların her biri bir gecede 3000 yaprak parçasını yuvaya götürebilmektedir. Sayısız karınca bu eyleme katıldıkları için böyle bir karınca saldırısından sonra turuncgil bahçelerinin tamamıyla yapraksız kaldığına hayret etmemelidir. Daha küçük karıncalar, büyükler yaprak parçalarını taşıırken yaprakların üzerinde otururlar. Fakat bu «boş» oturuşun bir sebebi vardır, onlar çalışan soydaşlarını parazit sineklerin saldırılarına karşı korurlar.

ölmesi üzerine Kraliçe bir karınca kolonisi kurmağa başlar. O durmadan yumurta yumurtlar, bunlardan işçi karıncalar gelişir, çarpık çurpuq, döl veremeyen, kanatsız dişicikler, «devlete» ait bütün işleri yaparlar : yuvanın yapılması ve korunması, yumurta yığınlarının bakımı ve yem arama. Birkaç yıl içinde burada milyonlarca «nüfusu» olan bir «devlet» meydana gelir. Bütün bu milyonluk cemaat bir tek döllennmiş dişiciğe yani Kraliçeye bağlıdır.



Bu sayısız hayvancıkların yem sağlama problemini, yaprak kesen karıncalar çok dahiyane bir surette çözmüşlerdir. Her gece —yağmur mevsiminde gündüzleri de— işçi hayvancıklardan sonsuz taburlar yola çıkarlar, yuvalardan yüzlerce metre uzaklıktaki bitkilere tırmanır ve onların yapraklarını «ele avuca sığar» büyüklükte, örneğin bir on kurusluk kadar küçük parçalara bölerler, bunun için keskin çeneleri çok işe yarar. Bu yapıldıktan sonra yaprakları bir şemsiye gibi dengede tutmağa çalışarak yuvalarına götürürler. Bunu yaparken o kadar özenli hareket ederler ki bir tek gecede koskoca bir portakal ağacının bütün yapraklarını soyarlar. Bu gibi faydalı bitkilerin yapraklarını pek sevdiklerinden, güney ve orta Amerikanın birçok bölgelerinde meyve bahçelerinin zararlı böceklerinden sayılırlar ve onları çiftliklerden uzak tutabilmek için yuvaları, zehirlenir, yakılır veya duvarla kapatılır.

Karıncaların getirdikleri bu yapraklarla yaptıkları şey de çok şaşırtıcı ve ilginçtir. Onlar, ilk sanıldığı gibi, karıncalar tarafından yenmez, çünkü onlar bitki hücrelerinin selüloz çeperlerini hiçbir şekilde sindiremezler. Yapraklar bunun yerine çiğnenir ve üzerinde belirli bir mantar türü yetiştirecek bir zemin olarak kullanılır, bu mantar türü kraliçe tarafından avurt kesesinde düğün uçuşuna götürülmüş ve yeni kurulan yuvaya beraber getirilmiştir. Mantar yaprak zemini kimyasal olarak parçalar ve «karınca şalgamı» denilen yumru şeklindeki şişkinliklerinin liflerinden bu mantar bahçevanları kendilerini beslerler. Bitkisel hücre çeperinden farklı olarak mantarların hücre çeperleri Çitin'tendir, ki bu böceklerin metabolizmasına yabancı değildir, çünkü böceklerin dış deri zarları da bu maddeden yapılmıştır.

Karıncalar ve mantar, karşılıklı bağımlılık içinde, Sybiose'da, yaşarlar: Mantarları olmadan karıncalar, karıncalar olmadan da mantarlar yaşama yeteneğine kavuşamayacaktı. Son zamanlarda bulunduğu göre, karıncalar son bağırsaklarından protein parçalayıcı bir enzim çıkarırlar, ki mantarın da büyüebilmesi için buna ihtiyacı vardır ve kendisi bunu yalnız çok sınırlı bir ölçüde oluşturabilir. Her iki canlı varlık da, birbirinden bu kadar farklı olmasına rağmen, biyokimyasal bir birlik içinde yaşarlar: Selülozu yaran mantar, yaprak kesen karıncaya balta gir-

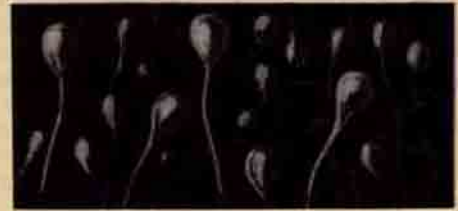
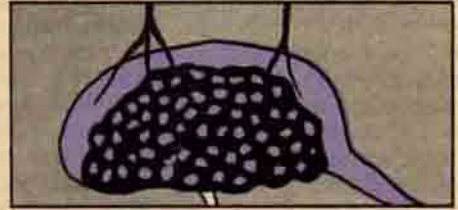
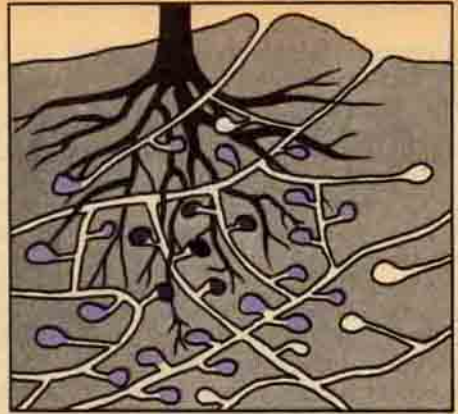
memiş tropikal ormanların bitmez tükenmez besin rezervarını sağlar; onun bitkisel proteini kendisine yarayan şekle dönüştürme yeteneği de, ki bu sınırlı bir yetenektir, mantarları karıncaların «enzim gübresine» bağımlı kılar.

Bu bitip tükenmeyen ve başka hiçbir rakip tarafından benimsenmeyen besin kaynağı, yaprak kesen karıncaların kolonilerinin «dev şehirler» şeklinde büyümelerinin nedenini pek güzel açıklar. Bir tek konut tesisi yüzeyde, balta girmemiş ormanların ortasında 100 metre kareden daha büyük bir alan kaplar ve burası ağaçları kesilmiş ve yalnız kökleri kalmış çıplak bir saha olarak göze çarpar. Fakat asıl muazzam olan onun üç boyutlu genişlemesidir. Yüzeyden beş metreden daha fazla tutan bir derinlikte karma karışık yollar vardır ki bunların uzunlukları ancak kilometrelerle ölçülebilir. Bunlar yumruktan ekmeek somununa kadar büyüklükte «mağaralar»a gitmekte ve işte asıl mantarlarca buralarda hızla üretmektedirler. Dişi işçiler devamlı bir surette bunlara bakar, budar, olgunlarını toplar, temizler ve petek şeklinde her taraftan hava alabilen bir yığın haline sokarlar. Kraliçe kilerden kilere gider ve yumurtalarını taze hazırlanmış yataklara bırakır. Bütün yapı tropikal ormanların yumuşak topraklarına gömülmüştür.

Bununla çıkış noktasına geri gelebiliriz. Bu yaprak kesen karıncaları elle sıkı tuttuğunuz zaman, özellikle uzun ve yüksek sesle «cırcır öttükleri», bunun için de keskin ses kenarlarını çamaşır tahtasına benzeyen «kaburga» alanına sürttükleri görülür. Yüksek derecede duyar bir mikrotonla vücutlarının ard kısmını her kaldırıpta 30-40 kısa çatpattan meydana gelen bir ses serisini almak kabildir, bunlar saniyenin binde biri veya birbuçluğu kadar arayla birbirini izlemektedir. Saniyede 4-7 kere bu çatpat serileri tekrarlanmaktadır. Bir santimetre uzaklıkta husule gelen hava ses dalgasının şiddeti oldukça yüksektir: 70 Decibel'den fazla ölçülüyordu (Decibel ses şiddetinin ölçü birimidir), ki bu eğer insan kulağının duyarlığı buna göre uydurulabilseydi bu ses bir yazı makinesi gürültüsüne veya sokaktaki kuvvetli bir gürültüye eşit olacaktı. «Fiziksel yüksek sesli» olan bu karıncaların bizim kulağımız için çok sessiz olması hayret vericidir. Ses sinyali esas itibarıyla o kadar yüksek tonlardan meydana gelir ki, kulak ar-



Şemada bir karınca yuvasının içi gözük-  
mektedir. Dali yollar beş metreden fazla de-  
rine, toprağa girmektedir. Her birinin sonunda  
yumruk büyüklüğünde mağaralar vardır ve iş-  
te mantar bu mağalarda yetişmektedir. Kraliçe  
bu mağaraların, odaların hepsini teker teker  
dolaşır ve yumurtalarını buralara bırakır.  
Ortada koyu renkteki oda kraliçenin oturduğu  
odadır, ötekilerde yeni karıncalar dünyaya ge-  
lir ve yetişir. Büyüyen mantar filizleri karınca-  
ların tarafından devamlı olarak budanır, te-  
mizlenir, meyveleri toplanır ve her taraftan  
hava alacak bir yığın halinde bir araya getiri-  
lir. Bu devamlı bakıma ihtiyaç vardır, zira  
mantar, karıncaların biricik besin kaynağıdır.  
Yaprak kesen karıncalar doğrudan doğruya top-  
ladıkları bu yaprakları yiyemezler, çünkü bit-  
ki hücrelerinin dayanma maddesi olan selülo-  
zu sindiremezler. Mantar yaprak maddelerini  
parçalar ve bunları kendi hücrelerini yapmak  
için kullanır. Aşağıdaki resimde görülen yum-  
ru şeklindeki şişik kısımlar yaprak kesen ka-  
rıncaların beslenme maddeleridir.



tık onları alamaz. Saniyedeki 20.000 - 60.000 titreşimleriyle, saniyede 16.000 titreşimde olan işitme sınırımızın üstüne çıkarlar ve işitilmez olurlar. Bu sinyallerin ultra ses alanına düşmesinin sebebi, küçük hayvanların Stridulation-mekanizmalarıyla ses üretmelerine hakim olan fiziksel kanunlarla ilgilidir. Şunu daha açıkça açıklayalım, herkes bir kemanın bir kontrobastan daha yüksek sesler çıkardığını bilir. Burada da aynı prensip ile karşı karşıyayız. Titreşime gelen kaburga alanının titrettiği karınca vücudu ufaklık bir kemana benzer ve bu kemana işidemeyeceğimiz o yüksek sesleri çıkarır.

Öte yandan zaten karınca da bizim kulaklarımız için ses çıkarmaz. Onun için önemli olan kendi soydaşlarının onu işitmesidir. İşte meselenin anlaşılmayan tarafı da burasıdır. Şimdiye kadar kimse karıncalarda ultra ses dalgalarına karşı duyarlı olan işitme organları bulmuş değildir, ben bile yaptığım deneylerde karıncaların kendilerine operlörle verilen aynı cins seslerle ilgilendiklerini ispat edemedim. Acaba Stridulation'un hiçbir biyolojik fonksiyonu yok mudur? Böyle bir sonuç tatmin edici olmaktan uzaktır. Herhalde ben karıncalara onların tam hassas oldukları bir zamanda bu sinyalleri verme-

miş olacağım. Mesele, onların ne gibi doğal koşullar altında işitme organlarını işlettiklerini meydana çıkarmaktır. Esaslı gözlemler bunun iki amaç için kullanıldığını göstermiştir: 1) bir hasım, ister soydaşlarından biri, ister bir örümcek veya başka bir hayvan bir karıncayı yakalarsa; 2) veya bir karınca toprak altında kalırsa, olağanüstü duyar âletlerle karıncaların çatpat sinyalleri yerin yüzeyinde tamamiyle belirgin olarak alınıyordu, bunu veren karınca 20 santimetreden daha derinde toprak altında olsa bile!

İlk olarak açıklanan koşullar altında başı sıkışmış hayvancıkların soydaşlarıyla ses sinyalleriyle haberleşmesinin iki sebepten ihtimali yoktu: Lindaner ve Moser'in incelemelerinden yaprak kesen karıncaların gene bezlerine olağanüstü etken alarm verici kokulu maddelere sahip olduğunu biliyoruz, bu koku soydaşlarının dehşetli bir saldırıya hazırlayabilir; ses sinyali bundan daha başka ne yapabiliirdi? Asıl önemli olanı da, biz karıncaların havadan gelen bu ses sinyaline karşı hiçbir tepki göster-



diklerinin farkına varamayacaktık, çünkü bunlar asıl alarm maddesiyle beraber verilmemişlerdi.

Buna karşılık karıncalar çok derine toprağa gömülmedikleri takdirde devamlı olarak bir çeyrek saatten fazla ses çıkarıcıları, bir önceki cümlede «havadan gelen bu ses sinyalleri» deyiminin üzerine dikkatimizi çeker. Fakat acaba onlar toprak altında kalınca bu ses dalgalarını alabilirler mi? Toprak altında kalan karıncaların çatpatlarının yeryüzünde meydana getirdiği titreşimler kaydolunursa, gene birbirini izleyen çatpat serilerinin farkına varılır, fakat bunların ritmi daha yavaştır, çünkü vücudun ard kısmının üstünde toprak vardır ve buna karşı oynatılması gerekmektedir; şiddet inspektrumu'nun maksimum'u saniyede 1000 ile 3000 titreşim arasındadır. Daha yüksek frekanslar yumuşak toprakta çok çabuk zayıflar. Havadan değişik olarak karınca vücudu katı zeminde daha düşük frekanslar yayabilir. Şimdi sorulacak soru, acaba yuvadaki karıncalar toprak altında kalmış karıncanın çatpatlarının husule getirdiği zemin sarsıntılarının farkına varabilecekler midir? Çok ince gümüş tellerle karıncaların bacaklarının sinirlerinin elektrik eylemleri (aktivitesi) iletildi ve karınca suni olarak belirli titreşim sayısında ve şiddetinde bir titreşimin etkisinde bırakıldı. Milyonda bir volt'tan daha az tutan gerilim dalgalarının çok esaslı analizi sayesinde karıncanın bacağına belirli bir yerinde duyar duyu organlarının bulunduğu ve bunların saniyede yüz ile 2000 titreşim arasında özellikle etkilendikleri meydana çıkmıştır. Bundan sonraki biyofiziksel ölçümlerden ve hesaplardan anlaşıldığı gibi, karıncaların duyu organları çağırın soydaşlarını beş santimetre toprak altında «işitmek» veya daha iyi bir deyimle «duymak» yeteneğine sahiptirler. Aslında bu çok az görünür, fakat insan vücudunun ölçülebilirliği ifade edildiği takdirde bu 10 metrelik bir derinlik demektir! Bununla gene en son ve biyoloji bakımından en önemli soru kalmış oluyor. Yaprak kesen karıncalar toprak altında kalan soydaşlarının imdat sinyallerine aldırış ederler mi? Böyle bir soru yalnız kontrol edilebilen bir deneyde cevaplanabilir. Karıncaların doğal yuvalarında günlerce sabırla çalışmak gerekti ve bu çok hoş birşey değildi, çünkü her taraf sıvri sineklerle doluydu ve karıncaları ürkütmemek için bunlara da

herhangi koruyucu bir ilâç kullanılmıyordu. Karıncaların yeraltından gelecek çatpat sinyallerine gösterecekleri tepkiyi ölçmek için, örneğin, şöyle hareket edildi: Tamamıyla sıkı sıkıya kapatılmış (içeriye oku girmesin!) bir cam boruya Stridulation-organları çalışmayan yaprak kesen karıncalar konulur, öteki bir borunun içine de borunun ağzındaki tıpanın hafif basıncıyla devamlı surette ses çıkarmağa zorlanan karıncalar. Her iki cam boru da bir yuva girişi noktasından eşit uzaklıkta aynı derinlikte toprağa sokuldu ve bunun üzerine ne olacağına dikkat edildi.

Sonuç hayret verici ve kesindi. Çatpat yapan karıncaların cam borusu yanında öteki sessiz karıncaların bulunduğu boruya oranla 4-6 kat daha fazla karınca toplandı ve aynı zamanda 8 kat daha fazla toprak taşıdılar. Muhtelif birçok deneylerde de aynı sonuç doğrulandı: toprağın altından gelen sinyaller karıncaları etkiliyordu ve sinyalleri en şiddetli olduğu yerde —toprak altında kalanların doğrudan doğruya üstünde— toprağı kazmağa başlıyorlardı. Böylece birkaç santimetre derinde kapalı kalmış olan soydaşlarını kurtarıyorlardı. Derinden gelen bu akustik ve titreşimli SOS çağrıları başka koşullarda karıncaların kullandığı kimyasal sinyallerin gidemeyeceği yerleri aşabiliyorlardı.

Acaba böyle toprak altında kalma ile bir alarmın karıncalar için ne gibi bir önemi olabilir? Yaprak kesen karıncaların yeraltına kazılmış yapılarının üzerinde çoğun hiçbir bitki bırakılmadığı için tropikal yağmurlar bütün şiddetiyle bunların üzerine çarparlar ve bu yüzden yapıya kolayca zarar verebilirler. Koridorların tavanları çökebilir, ve odalar göçebilir. Bununla beraber, böyle anlarda serbest kalan karıncaların imdat isteyen, toprak altında kalmış soydaşlarının yardımlarına koşmalarının biyolojik sebebi, mümkün olduğu kadar çok sayıda işçinin kurtarılması olduğu düşüncesi doğru değildir. Yaprak kesen karıncaların milyonları geçen nüfusu için bir iki karınca bir «quantité négligeable» (ihmal edilebilecek bir miktar)dır ve onlar için girişilecek herhangi bir külfete değmez. Türlerin gelişim tarihinin seyrinde bu haberleşme yöntemi gibi yalnız türün üretimiyle ilgili özel çevre ihtiyaçlarının basıncı altında öyle karışık davranımsal şekiller meydana gelirler ki! İşçi karıncanın kendisi ise çoğalma yeteneğine sahip değildir ve bir top-



rak kayması suretiyle kaybolan dişi işçilerin bütün karınca nüfusunun refahı için yapacakları katkı aslında çok ufaktır. Her yaprak kesen karınca kolonisinin hayatta kalabilmesinin bir tek döl verici ve döllenmiş dişi, kraliçeye bağımlı olduğunu unutmayalım. Eğer o toprak altında kalır ve kurtulamazsa, bütün karıncaların hayatı tehlikeye girmiş demektir. Bu gibi bir tehlike de kraliçeyi kurtarmak için bulunacak bir haberleşme metodunun bütün türün hayatı için ne kadar değerli olacağı şüphesizdir. Buna, toprak altında kalan seks hayvanlarının bütün kuvvetleriyle ç-

kardıkları ve onlar daha da büyük ve kuvvetli olduklarından çıkardıkları sesin öteki bütün imdat çağrılarını örtecek ses yüksekliğinde olacağı, eklenebilir.

Bunun yaprak kesen karıncaların hayatında ses üretiminin biricik rolü olup olmadığı ve bunun aynı şekilde ses organına sahip birçok öteki karınca türlerinde de aynı biyolojik önemi olup olmadığının cevabını bundan sonraki araştırmalar verecektir.

BILD der WISSENSCHAFT'tan

## Gelecekte Dünyanın Düzenini Neler Tehdit Ediyor

AYSEN MÜEZZİNOĞLU

**P**ek uzak olmayan bir gelecekte yerküremizin düzeninin aşağıdaki sebeplerle bozulması mümkün görülmektedir. İnsanlığın çeşitli sebeplerle yarattığı bu kötü ihtimal aşağıdaki şekillerde gerçekleşebilir:

- Atmosferin karbon dioksit oranının ve toz yükünün artıp iklimlerin değişmesi ile,
- Troposfer ve stratosferde uçan jet ve ya süpersonik ticari uçakların bu tabakaların kirlenmesine sebep olmasıyla ve neticede meydana gelecek iklim değişmesi ile,
- DDT ve diğer yokolmayan ilaçlarla ve serbest civa gibi bazı zehirli ağır metallerle doğayı kirletip canlılar âleminin dengesini bozmaya devam ederek ortaya çıkacak sonuçlarla,
- Petrol artıkları, yağlar, deterjanlar, ziraai gübreler gibi kimyasal maddelerin suların kirlenilip suda yaşayan canlıların doğal düzenini bozmaya devam ederek meydana gelecek sonuçlarla.

Görülüyor ki insanın gelecekte dünyayı yaşayamayacağı hale getirmek için şu anda yapmakta olduğundan fazla bir şeyler yapmasına hiç gerek yok; bu gidişi durdurmak için tedbir almaması yeterli. Birkaç nesil sonra bir buzul çağına dönmek, veya kızgın gün ışığıyla kavrulmak ya da en kötüsü kendi yarattığımız kirlilikle zehirlenerek yokolmamız pek de uzak bir ihtimal sayılmamalı.

Bilim adamları şu anda olduğu gibi çeşitli amaçlarla kullanılan enerjinin büyük

ölçüde fosil yakıtlardan (kömür, petrol gibi) üretilmeye devam edilmesi halinde yanma olayının kaçınılmaz ürünü olan karbon dioksitin atmosferde birikecek fazla miktarlarının dünyanın ısı dengesini büyük ölçüde bozmasından endişe etmektedirler. Yapılan araştırmalar dünya atmosferindeki karbon dioksit oranının muntazaman her yıl % 0.2 oranında arttığını göstermiştir. Bu gazın 2000 yıllarında şu anda havada bulunduğu miktarın iki misline çıkacağı ve yer kabuğunun 20°C daha ısınacağı hesaplanmıştır. Bu tehlikenin önünü almak için fosil yakıtların yakılmaması gerekiyorsa da şimdiki fosil yakıt dışı enerji üretim teknolojisi buna imkân vermemektedir. Üstelik seçilecek nükleer enerji gibi alternatiflerin de çevreyi daha az bozmayacağı belli değildir.

Diğer taraftan atmosferde yüzen ince parçacıklardan meydana gelmiş bulutların parçacıkların optik karakteristikleri dolayısıyla yer kabuğunun güneşten aldığı ve kendi neşrettiği radyasyon miktarını etkilediği muhakkaktır. Bu ince toz bulutlarının bir kısmı tabii olaylarda meydana geldiği gibi şehir veya endüstri kaynaklı kirlenmeler gibi nedenlerle insan eliyle büyük ölçüde meydana gelenleri de vardır. İnsanın daha konforlu bir hayat yaşayabilmek için meydana getirdiği bu kirlilik bulutları doğal nedenlerle kirlenen havadan daha değişik türde parçacıkları da ihtiva etmektedir. Parçacıkların güneş